



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 24 526 T2** 2004.06.24

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 816 010 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 24 526.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 304 424.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.06.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B23P 15/00**

**B21H 1/06, F01D 9/02, F23R 3/00,  
F01D 25/12**

(30) Unionspriorität:

**669070                      24.06.1996                      US**

(73) Patentinhaber:

**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Voigt, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 65239 Hochheim**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**CH, DE, FR, GB, LI**

(72) Erfinder:

**Ritter, Ann Melinda, Albany, New York 12202, US;  
Jackson, Melvin Robert, Niskayuna, New York  
12309, US; Abuaf, Nesim, Schenectady, New York  
12309, US; Campbell, Robert Patrick, Loudonville,  
New York 12211, US; Bunker, Ronald Scott,  
Niskayuna, New York 12309, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von doppelwandigen Turbinenteilen aus vorkonsolidierten Einheiten**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf Verfahren zum Herstellen von Gasturbinenkomponenten und insbesondere bezieht sie sich auf Verfahren zum Herstellen verbesserte Brenner und/oder Übergangsstücke zur Verwendung in Gasturbinen, wo eine Filmkühlung extrem eingeschränkt sein kann oder sogar unmöglich sein könnte.

[0002] Übliche Gasturbinenbrenner verwenden Verteilungs- (d. h. nicht vorgemischte) Flammen, in denen Brennstoff und Luft getrennt in die Brennkammer eintreten. Der Prozess des Mischens und Verbrennens erzeugt Flammentemperaturen von über 2149°C (3900°F). Da übliche Brenner und/oder Übergangsstücke mit Auskleidungen im allgemeinen für etwa zehntausend Stunden (10000) einer maximalen Temperatur in der Größenordnung von nur etwa 816°C (1500°F) widerstehen können, müssen Schritte unternommen werden, um die Auskleidungen der Brenner und/oder Übergangsstücke zu schützen. Dies ist üblicherweise durch Filmkühlung gemacht worden, die beinhaltet, dass die relativ kalte Verdichterluft in eine die Außenseite des Brenners umgebende Kammer eingeführt wird. In dieser bekannten Anordnung strömt die Luft aus der Kammer durch Lüftungsschlitze in der Brennerauskleidung und strömt dann als ein Film über die innere Oberfläche von der Brennerauskleidung, wodurch die Unversehrtheit der Brennerauskleidung beibehalten wird.

[0003] Da zweiatomiger Stickstoff bei Temperaturen über etwa 1650°C (etwa 3000°F) schnell dissoziiert, haben die hohen Temperaturen der Verteilungsverbrennung relativ große NO<sub>x</sub> Emissionen zur Folge. Eine Lösung zum Verringern von NO<sub>x</sub> Emissionen hat darin bestanden, die maximal mögliche Menge von Verdichterluft mit Brennstoff vorzumischen. Die entstehende magere vorgemischte Verbrennung erzeugt kältere Flammentemperaturen und somit weniger NO<sub>x</sub> Emissionen. Obwohl eine magere vorgemischte Verbrennung kälter ist als Verteilungsverbrennung, ist die Flammentemperatur immer noch zu heiß, als dass bekannte übliche Brennerauskleidungen ihr widerstehen können.

[0004] Da ferner die vorgeschrittenen Brenner die maximal mögliche Luftmenge mit dem Brennstoff zur NO<sub>x</sub> Senkung vormischen, steht wenig oder gar keine Kühlluft zur Verfügung, wodurch die Filmkühlung der Brennerauskleidung unmöglich gemacht wird. Somit sind Mittel, wie beispielsweise ein thermischer Trennüberzug, in Verbindung mit einer "Rückseiten"-Kühlung, überlegt worden, um die Brennerauskleidung vor Zerstörung durch diese große Hitze zu schützen. Die Rückseiten-Kühlung beinhaltet, dass die Verdichterluft über die äußere Oberfläche der Brennerauskleidung geleitet wird, bevor die Luft mit dem Brennstoff vorgemischt wird.

[0005] Magere vorgemischte Verbrennung verringert NO<sub>x</sub> Emissionen, indem niedrigere Flammentemperaturen erzeugt werden. Jedoch haben die niedri-

geren Temperaturen, insbesondere entlang der inneren Oberfläche oder Wand der Brennerauskleidung, die Tendenz, die Oxidation von Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen zu löschen und führen zu unakzeptablen Emissionen dieser Verbindungen. Um Kohlenmonoxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe zu oxidieren, würde eine Auskleidung einen thermischen Trennüberzug von extremer Dicke (1,27– 2,54 mm bzw. 50–100 mils) erfordern, damit die Oberflächentemperatur hoch genug sein könnte, um eine vollständige Verbrennung von Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen sicherzustellen. Dies würde etwa 982–1093°C (1800– 2000°F) Bindungsüberzugtemperatur und etwa 2200°F TBC (Thermal Barrier Coating bzw. thermischer Trennüberzug)-Temperatur für Brenner mit üblichen Längen und Strömungsbedingungen sein. Diese Dicken für den thermischen Trennüberzug und Temperaturen für Lebensdauern von Gasturbinenkomponenten sind jedoch jenseits von gegenwärtigen Materialien mit bekannten Fähigkeiten. Bekannte thermische Trennüberzüge verschlechtern sich in unakzeptabel kurzen Zeiten bei diesen Temperaturen, und diese dicken Überzüge sind empfindlich gegenüber Abblättern.

[0006] Fortgeschrittene Kühlkonzepte, die jetzt entwickelt werden, erfordern die Fertigung komplizierter Kanäle in dünnwandigen Strukturen. Je komplexer diese Strukturen sind, desto schwieriger sind sie unter Verwendung üblicher Techniken, wie beispielsweise Giessen, herzustellen. Da diese Strukturen Komplexität und Wandabmessungen haben, die jenseits des Giessbarkeitsbereiches von fortgeschrittenen Superlegierungen sein können und die die Fähigkeiten von zerbrechlichen Keramikkerne, die beim Giessen verwendet werden, sowohl hinsichtlich Bruch als auch Verformung überschreiten können, müssen neue Fertigungsmethoden entwickelt werden, um diese bekannten Einschränkungen zu überwinden. Mögliche Geometrien zur verbesserten Kühlung sind in der Anmelderakte 51DV5608PA offenbart, deren Offenbarung in die vorliegende Offenbarung eingeschlossen wird.

[0007] Da die Genauigkeit der Anordnung von Kühlmerkmalen und Wanddicken viel grösser ist als für einen Keramikern aufweisende Gußstücke kann der Pulverfolienprozess, der in den US-Patenten 5,427,736 und 5,480,468 beschrieben ist, deren Offenbarung durch diese Bezugnahme in die vorliegende Offenbarung eingeschlossen wird, für stark verringerte Toleranzen bezüglich der Wanddicken sorgen. Diese Fähigkeiten sind auch von Interesse bei der Fertigung von anderen Komponenten als Schaufeln, wie beispielsweise Brenner bzw. Brennkammern, die zylindrisch sein können, und mehr unregelmässig geformten Komponenten, wie beispielsweise Übergangsstücke. Bei diesen Arten von Strukturen können geschmiedete Legierungen verwendet werden, wobei erhebliches Löten und/oder Schweißen von Kühlmerkmalen ( wie beispielsweise Prallhülsen) er-

forderlich ist. Genauigkeit der Anordnung dieser Kühlmerkmale und Beibehaltung des mechanischen Verhaltens von starken Superlegierungen und Vermeidung struktureller Beschädigung während des Schweißens können eine starke Einschränkung hinsichtlich der Materialien sein, an die gedacht werden kann.

[0008] Effizientere Kühlstrukturen können eine signifikante Kühlströmungssenkung, vielleicht bis zu 60%, gestatten, ohne daß die Metalltemperatur erhöht wird. Diese Senkungen können auch mit einer Kombination von neuen Kühlstrukturen und anderen System/Zyklusänderungen realisiert werden.

[0009] Dementsprechend besteht ein Bedürfnis für neue und verbesserte Fertigungsverfahren von Gasturbinenkomponenten, wie beispielsweise Brennern/Übergangsstücken, die Verbrennungstemperaturen ohne Filmkühlung widerstehen können und trotzdem Flammenstabilität beibehalten und Kohlenmonoxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe verbrennen können, wie beispielsweise fortgeschrittene Kühlkonzepte für emissionsarme Brenner und Übergangsstücke (insbesondere  $\text{NO}_x$  Emissionen). Derartige Verfahren sollten Brenner/Übergangsstücke mit Kühlkanälen in dünnwandigen Strukturen erzeugen, die gestatten, dass die innere Oberfläche von dem Brenner/Übergangsstück vernünftige Metalltemperaturen beibehält. Eine effiziente Kühlung aufweisende Brenner/Übergangsstückstrukturen sollten für eine Kühlströmungssenkung von etwa fünfunddreißig Prozent (35%) bis etwa sechzig Prozent (60%) sorgen, ohne die Metalltemperatur von der inneren Oberfläche des Brenners zu erhöhen, und sie sollten innere Merkmale, wie beispielsweise Turbulenzförderer, haben, die schärfere innere Kanten haben müssen, als sie gegenwärtig durch Giessen erzeugt werden können. Da die Genauigkeit der Anordnung von Kühlmerkmalen und Wanddicken viel grösser sein kann als für einen Keramikern aufweisende Gußstücke, sollte die Verwendung eines Pulverschichtprozesses für stark verringerte Toleranzen auf Wanddicken sorgen und sie sollte auch für die Erzeugung scharfkantiger Innenmerkmale sorgen. Diese Fähigkeiten könnten auch bei der Fertigung von Komponenten, wie beispielsweise Brennern bzw. Brennkammern, verwendet werden, die zylindrisch sein können, und mehr unregelmässig geformten Komponenten, wie beispielsweise Übergangsstücken. Bei diesen Arten von Strukturen könnten geschmiedete Legierungen verwendet werden, wobei erhebliches Löten und/oder Schweißen von Kühlmerkmalen (wie beispielsweise Prallhülsen) erforderlich ist. Genauigkeit der Anordnung dieser Kühlmerkmale und Beibehaltung des mechanischen Verhaltens von starken Superlegierungen und Vermeidung struktureller Beschädigung während des Schweißens können eine starke Einschränkung hinsichtlich denkbarer Materialien sein.

[0010] FR-A-255 3148 offenbart ein Verfahren zum Herstellen dünnwandiger Strukturen mit integralen

Innenkanälen, wobei Opfermetall in den Kanälen verwendet wird, das anschließend entfernt wird.

[0011] Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen von doppelwandigen Turbinenstrukturen bereitgestellt, die eine heisse Wand und eine kalte Wand haben und sowohl einen zylindrischen als auch einen konischen Abschnitt haben, aus vorkonsolidierten Einrichtungen, wobei das Verfahren die Schritte enthält: Formen einer Vorformeinrichtung enthaltend Materialien für die heisse Wand, die kalte Wand und Rippen und Opfersegmente zur Aufrechterhaltung von Kühlkanälen während der Formung von der Voreinrichtung und einer späteren Bearbeitung; Heißwalzen der Vorformen, um die Abschnittsabmessungen zu verkleinern; Ringwalzen des rechtwinkligen Zylinderabschnittes der Struktur; Wegschneiden des überschüssigen Materials von dem konischen Abschnitt der gewalzten Struktur; Ringwalzen des verbleibenden Abschnitts, um einen Kegel zu formen; Verbinden der zylindrischen Abschnitte axial miteinander und der zylindrischen und konischen Abschnitte in Umfangsrichtung miteinander und Entfernen des Opfermaterials, um die Kühlkanäle zu öffnen.

[0012] In Abhängigkeit von den verwendeten Materialtypen können die Strukturen in geeigneter Weise heiss ringgewalzt anstatt kalt gewalzt werden.

[0013] Die kalte Wand kann integral mit der heissen Wand sein. Die heisse Wand kann bereitgestellt werden, indem eine Vorformeinrichtung durch Eindosen, Evakuieren und heisses isostatisches Pressen (HIP von Hot Isostatic Pressing) erzeugt wird. Die Vorform kann bearbeitete Kanäle haben, die mit Opfermaterial, wie beispielsweise kaltgewalzter Stahl oder Monel, gefüllt sind.

[0014] Die Erfindung wird nun mit weiteren Einzelheiten unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

[0015] **Fig. 1** eine schematische Darstellung von einem Beispiel einer Gasturbine ist;

[0016] **Fig. 2** eine perspektivische Ansicht von einer axial gekühlten zylindrischen Struktur ist, die gemäß der Erfindung hergestellt ist;

[0017] **Fig. 3** eine schematische Darstellung von einem Verfahren nach der Erfindung ist, das eine konsolidierte Einrichtung, die gewalzt und ringgewalzt ist, zur Brennerfertigung nach einem Verfahren gemäß der Erfindung verwendet;

[0018] **Fig. 4** eine schematische Darstellung von einem zusammengesetzten in Umfangsrichtung gekühlten Brenner ist, der nach einem Verfahren gemäß der Erfindung hergestellt ist;

[0019] **Fig. 5** eine schematische Darstellung der Fertigungsschritte für den äusseren Ringraum von einem Strahltriebwerksbrenner ist, der nach einem Verfahren gemäß der Erfindung hergestellt ist;

[0020] **Fig. 6a** und **6b** Teilschnitte von einer Ringwand von einem axial gekühlten Brenner ist mit Filmkühlung durch Löcher-in-Schlitz nach einem Verfahren gemäß der Erfindung.

[0021] **Fig. 1** stellt schematisch ein Gasturbinensystem **10** dar. Im Betrieb werden übliche Gasturbinen **10** durch die Verbrennungsgase aus flüssigen Brennstoffen angetrieben, indem ein strömendes Medium mit einem hohen Energiegehalt, d. h. die Verbrennungsgase, eine Drehbewegung erzeugt, indem es durch Schaufelringe abgelenkt wird, die auf einem Rotor angebracht sind. Im Betrieb zieht der Verdichter **16** frische Luft ein und verdichtet sie auf einen Druck von etwa 345–570 kPa (50–75 lb/in<sup>2</sup>); die Luft wird von dem Verdichter **16** durch einen Wärmetauscher **32** gedrückt, wo sie vorgewärmt wird durch die Wärme, die in den Verbrennungs-Abgasen immer noch vorhanden ist, die aus dem Turbinenabschnitt **22** austreten; und schließlich wird die vorgewärmte Luft in die Brennkammer von dem Verbrennungsabschnitt **18** eingeleitet. In der Brennkammer wird Brennstoff verbrannt, wodurch Gase mit einer Temperatur von mehr als etwa 1500°C oder etwa 2730°F erzeugt werden. Diese Verbrennungsgase strömen mit einer hohen Geschwindigkeit in den Turbinenabschnitt **22** und treiben ihn an.

[0022] Wie gezeigt ist, sind die Turbine **22** selbst, der Verdichter **16** und der elektrische Generator **14** alle auf einer einzigen Welle **24** angebracht. Bekanntlich kann die Turbine nicht ihre gesamte Ausgangsleistung zum Generator übertragen, weil ein wesentlicher Teil zum Antrieb des Verdichters **16** benötigt wird. Der Turbinenabschnitt **22** wird mit Hilfe des Elektromotors **12** gestartet, der zunächst den Verdichter in Bewegung versetzen muss, um verdichtete Luft zu erzeugen und sie an die Brennkammer zu liefern, um so zu ermöglichen, dass die Verbrennungsgase gebildet werden. Nur dann kann die Turbine zu laufen beginnen.

[0023] Wie schematisch in **Fig. 1** gezeigt ist, sorgt der Verbrennungsabschnitt **18**, der die Brennkammer **36** enthält, für die Strömung des Verbrennungsgases **28** von dem Verbrennungsabschnitt **18** zum Turbineneinlass **30**. Ein Übergangsstück **38** verbindet den Turbineneinlass und den Verbrennungsabschnitt **18**. [0024] Bei der Konstruktion von Brennern oder Brennerabschnitten und Übergangsstücken, wo die Temperatur der Verbrennungsgase etwa bei 1500°C oder darüber liegt, gibt es keine bekannten Materialien, die eine Umgebung mit einer derartig hohen intensiven Hitze ohne eine gewisse Art von Kühlung überleben können.

[0025] Wie eingangs ausgeführt wurde, hat die Kühlung von verschiedenen Komponenten von einer Gasturbine verbunden mit dem Erfordernis, die NO<sub>x</sub> Emissionen zu senken, zu der Entwicklung von neuen Fertigungsverfahren zur Herstellung verschiedener Gasturbinenkomponenten geführt. Gemäß der vorliegenden Erfindung sind Verfahren zur Herstellung einer doppelwandigen Turbinenkomponente aus vorkonsolidierten Einrichtungen, wie beispielsweise der in **Fig. 2** gezeigten Turbinenkomponente, entwickelt worden.

[0026] **Fig. 2** zeigt einen Brenner **40** mit einem axial

angeordneten Kühlschema, wobei Kühlluft **42** an dem Ausgangsende **44** von dem Brenner eintritt und zurück zum Domende **46** strömt, um mit dem Brennstoff gemischt und verbrannt zu werden. Dieser Strukturtyp kann als eine Vorform produziert werden zum Walzen auf eine erforderliche Dicke und Länge und dann zum Schweißen der Einrichtung (ähnlich zu Prozessen, die nachfolgend beschrieben werden für eine in Umfangsrichtung gekühlte Struktur), oder sie kann produziert werden, indem sie durch eine HIP Bearbeitung auf eine zylindrische Form gebracht wird, woran sich ein Ringwalzen auf den gewünschten Innendurchmesser anschließt. Die produzierte Struktur wurde aus einer Ni-Basis-Superlegierung, Haynes 230, hergestellt. Es könnten jedoch, in Abhängigkeit von den Temperaturen der einzelnen Anwendungen, Materialien verwendet werden, die rostfreien Stahl, Legierungen und Verbundkörper mit einer Ni-Basis, Co-Basis, Fe-Basis, Ti-Basis, Cr-Basis oder Nb-Basis einschließen. Ein Beispiel von einer Verbundmasse ist eine metallische FeCrAlY Matrix, die mit einer W Phase verstärkt ist, die als ein Feststoff, Faser oder ein Laminat vorhanden ist. Die Materialien, die in der heißen Wand und in der kalten Wand verwendet sind, müssen nicht aus der gleichen Legierung sein.

[0027] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung der Fertigung von einer in Umfangsrichtung gekühlten Struktur, für sowohl zylindrische **50** als auch konische **52** Abschnitte der Struktur, wie beispielsweise Brenner und Übergangsstücke. Nach Konsolidation der Vorformen einschließlich der Opferstreifen, deren eventuelle Entfernung Kühlkanäle erzeugt, werden die Vorformen heißgewalzt, um die Abschnittsabmessungen zu reduzieren (4 : 1 Reduktion in dem Beispiel von **Fig. 3**). Für den rechteckigen zylindrischen Abschnitt **50** des Brenners wird der gewalzte Abschnitt **52** dann ringgewalzt. Für den konischen Abschnitt des Brenners wird das überschüssige Material **54** der gewalzten Struktur **56** weggeschnitten, und der verbleibende Abschnitt wird ringgewalzt, um den Kegel **52** zu formen. Die Ränder von diesen Abschnitten sind festes Material, in der Größenordnung von etwa 1/16–1/8 Zoll, so dass jeder Zylinder **50**, **52** axial zusammengeschweißt werden kann, und die zylindrischen und konischen Abschnitte können in Umfangsrichtung verbunden werden, wie es in **Fig. 4** gezeigt ist.

[0028] Diese Strukturen können unter Verwendung unterschiedlicher Materialien hergestellt werden, wie beispielsweise rostfreie Stähle, Legierungen und Verbundmassen mit einer Ni-Basis, Co-Basis, Fe-Basis, Ti-Basis, Cr-Basis oder Nb-Basis. Ein Beispiel von einer Verbundmasse ist eine metallische FeCrAlY Matrix, die mit einer W Phase verstärkt ist, die als Feststoff, Faser oder Laminat vorhanden ist. Die Materialien, die in der heißen Wand und der kalten Wand verwendet werden, müssen nicht aus der gleichen Legierung sein. Da Folien aus Superlegierungen hoher Festigkeit möglicherweise nicht zur Verfügung

stehen, können die oberen und unteren Flächen der Vorform unter Verwendung von Superlegierungs-Pulvern hergestellt werden, wie beispielsweise Pulvern der Zusammensetzung, die zu Rene 80, Rene N4, Rene N5, Rene 142, Haynes 214, Haynes 230 oder MCrAlY Materialien, wie beispielsweise NiCoCrAlY, äquivalent sind. In Abhängigkeit von den verwendeten Materialtypen können die Strukturen heiß ringgewalzt werden, anstatt dass sie kalt gewalzt werden.

[0029] Strukturen von Ringbrennern, die üblicherweise in Strahltriebwerken in Benutzung sind, die als doppelwandige Strukturen mit Kühlkanälen hergestellt sind, die entweder in axialer oder in Umfangsrichtung verlaufen, können ebenfalls durch die erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden. **Fig. 5** zeigt einen Brenner **60** mit einem in Umfangsrichtung angeordneten Kühlschema, wobei Kühlluft durch Pralllöcher in der kalten Wand der doppelwandigen Struktur des Brenners eintritt und durch Sammelröhren (nicht gezeigt) zum Domende strömt, um mit dem Brennstoff gemischt und verbrannt zu werden. Sowohl der innere Ringraum als auch der äußere Ringraum des Brenners können auf diese Weise hergestellt werden. Ein Teil der Luft kann verwendet werden, um einen Oberflächenfilm zu bilden, falls dies erforderlich ist, wobei Kühlmerkmale, wie beispielsweise Löcher-in-Nuten (**Fig. 6**) verwendet werden, die eine axial gekühlte Struktur darstellen.

[0030] Diese Ringstrukturen können zur Endform erzeugt werden, als eine ringförmige Vorform zum Walzen auf die erforderliche Dicke und Länge und als eine ebene Vorform zum Walzen auf die erforderliche Dicke und Länge und dann Bandwalzen und Schweißen der Einrichtung, gefolgt von einem Ringwalzen auf den gewünschten Innendurchmesser, und schließlich zum Ringwalzen oder Metallschleudern, um die richtige Brennerwandkontur zu erzeugen. In Abhängigkeit von den Temperaturen der einzelnen Anwendungen könnten verschiedene Materialien verwendet werden, wozu rostfreie Stähle, Legierungen und Verbundmassen mit einer Ni-Basis, Co-Basis, Fe-Basis, Ti-Basis, Cr-Basis oder Nb-Basis gehören. Ein Beispiel von einer Verbundmasse ist eine metallische FeCrAlY Matrix, die mit einer W Phase verstärkt ist, die als Feststoff, Faser oder Laminat vorhanden ist. Die Materialien, die in der heißen Wand und der kalten Wand verwendet werden, müssen nicht aus der gleichen Legierung bestehen. Beispielsweise könnte eine kalte Wand, die aus rostfreiem Stahl oder einer Ni-Basis-Superlegierung hergestellt ist, mit einer heißen Wand verbunden werden, die aus einer kleineren Expansion aufweisenden Ni-Basis-Superlegierung hergestellt ist, so dass bei Benutzung thermische Beanspruchungen verringert sein würden im Vergleich zu einer monolithischen Heißwand/Kaltwand-Struktur.

[0031] **Fig. 5** ist eine schematische Darstellung von einer Fertigung einer in Umfangsrichtung gekühlten Struktur. Nach der Konsolidation der Vorformen **70**, einschließlich der Opferstreifen, deren eventuelle Be-

seitigung Kühlkanäle erzeugen wird, wobei die Beschreibung der Verfahren zum Formen zylindrischer Kühlkanäle in der Anmelderakte RD-23,635, Methods of Making Cylindrical Structures with Cooling Channels, gegeben ist, werden die Vorformen warmgewalzt **72**, um die Abschnittsabmessungen zu reduzieren. Die Ränder dieser Abschnitte sind festes Material, in der Größenordnung von 1/16–1/8 Zoll, so dass jeder Ringraum mit anderen Komponenten in der Struktur verbunden werden kann.

[0032] Die Fertigungsschritte von einem Ringbrenner umfassen die Erzeugung von einer einstückigen, mit Rippen versehenen heißen Wand und einer kalten Wand, die mit der heißen Wand verbunden wird, um die Kühlkanäle zu formen und zu umschließen. Die kalte Wand kann einstückig mit der heißen Wand gemacht werden, falls dies erforderlich ist, aber dies macht die Beseitigung des Opfermaterials schwieriger. Für die heiße Wand wird eine Vorformeinrichtung erzeugt, eingedost (in eine Dose oder Becher eingebracht), evakuiert und einer HIP Behandlung ausgesetzt. Die Vorform hat Kanäle, die in sie eingearbeitet werden und die dann mit einem Opfermaterial gefüllt werden, wie beispielsweise kaltgewalztem Stahl oder Monel.

[0033] Alternativ kann diese Einrichtung aus Stahlstreifen und der Brennerlegierung bestehen, die auf einer Schicht aus der Brennerlegierung angeordnet sind. Es könnten unterschiedliche Legierungen für die heiße Fläche und die Rippe verwendet werden, wenn dies gewünscht wird. Beispielsweise könnte eine Rippenstruktur, die aus einem rostfreien Stahl oder einer Ni-Basis-Superlegierung hergestellt ist, mit einer heißen Wand verbunden werden, die aus einer kleineren Expansion aufweisenden Ni-Basis-Superlegierung hergestellt ist, so dass im Betrieb thermische Beanspruchungen verringert werden könnten im Vergleich zu einer monolithischen Heißwand/Rippen-Struktur. Die etwa 60 cm (2 Fuß) lange Einrichtung wird dann eingedost und in einem kaltgewalzten Stahlkasten evakuiert und dann einer HIP Behandlung unterzogen. Typische HIP Bedingungen für Fe-Basis-, Ni-Basis- und Co-Basis-Strukturen sind 1150 bis 1250 Grad C für 4–6 Stunden in 15–30 ksi Argon; für hochwarmfestere Legierungsstrukturen, wie beispielsweise Nb-Basis-Strukturen, können sich höhere HIP Temperaturen als nützlich erweisen, aber es müssen Wechselwirkungen von der HIP Dose und irgendwelchen Opferkomponenten mit der Endstruktur vermieden werden.

[0034] Die in **Fig. 5** gezeigte Einrichtung ist schematisch, denn es würde etwa zwanzig (20) Sätze von Kanälen um einen fertigen Brennerumfang herum geben anstelle der gezeigten sieben (7) Sätze. Wenn die kalte Wand einstückig sein muss, würde sie vor der HIP Behandlung in die Einrichtung eingefügt. Nach der Konsolidation wird die eingedoste Einrichtung warmgewalzt auf eine Länge von etwa 120 cm (4 Fuß) und dann ringgewalzt und zu einem Zylinder **74** geschweißt. Dieser Zylinder **74** mit einem Durch-

messer von etwa 38 cm (15 Zoll) wird dann auf den gewünschten Enddurchmesser ringgewalzt und wird dann entweder geschleudert oder ringgewalzt auf die erforderliche erweiterte Form von den inneren oder äußeren Ringquerschnitten **76**. Die Stücke werden dann entdost und geätzt, um das gesamte Opfermaterial zu beseitigen, wobei die Kanalform freigelegt wird. In Abhängigkeit von den Temperaturen der einzelnen Anwendungen könnten Materialien verwendet werden, die rostfreie Stähle, Legierungen und Verbundmassen mit einer Ni-Basis, Co-Basis, Fe-Basis, Ti-Basis, Cr-Basis oder Nb-Basis einschließen. Ein Beispiel von einer Verbundmasse ist eine metallische FeCrAlY Matrix, die mit einer W Phase verstärkt ist, die als Feststoff, Faser oder Laminat vorliegt. Wie oben ausgeführt ist, müssen die in der Konstruktion verwendeten Materialien nicht die gleiche Legierung für alle Komponenten der Struktur sein. Zum Warmwalzen der eingedosten Einrichtung nach der HIP Konsolidation können Temperaturen von 900 bis 1200 Grad C mit Flächenreduktionen pro Walzdurchlauf von etwa 10% verwendet werden. Das Bandwalzen wird meistens bei Raumtemperatur durchgeführt, da Dehnungen, die während einer derartigen Formgebung erzeugt werden, sehr klein sind. Ringwalzen und Schleudern können kalt ausgeführt werden, wenn die bandgewalzte und geschweißte Struktur bezüglich ihrer Abmessungen nahe an der Endstruktur ist. Meistens wird eine größere Formdeformation erforderlich sein, als sie durch Kaltbearbeitung erreicht werden kann, so dass Schleudern und/oder Kaltwalzen Temperaturen von 500 bis 1200 Grad C erfordern können, was von der Kompliziertheit des Wandprofils abhängt.

[0035] Wenn die Kaltwand integral ist, werden vor dem Ätzen Pralllöcher gebohrt. Wenn die Struktur nicht integral sein muss, ist das Ätzen des Opfermaterials einfacher, und die kalte Wand und die Sammelröhren werden mit dem einstückigen Ringraum verbunden, nachdem das Ätzen abgeschlossen ist. Eine separate kalte Wand erlaubt auch einen Zugang zur Rückseite zu den Kanälen der heißen Wand, so dass verbesserte Prallmerkmale zu dieser Fläche hinzugefügt werden können.

[0036] Diese Strukturen können unter Verwendung unterschiedlicher Materialien hergestellt werden, wie beispielsweise rostfreie Stähle, Legierungen und Verbundmassen mit einer Ni-Basis, Co-Basis, Fe-Basis, Ti-Basis, Cr-Basis oder Nb-Basis. Da Folien aus Superlegierungen mit hoher Festigkeit möglicherweise nicht zur Verfügung stehen, können die oberen und unteren Flächen der Vorform unter Verwendung von Superlegierungs-Pulvern hergestellt werden, wie beispielsweise Pulvern mit der Zusammensetzung, die zu Rene 80, Rene N4, Rene N5, Rene 142, Haynes 214, Hayne 230 oder MCrAlY Materialien, wie beispielsweise NiCoCrAlY, äquivalent sind. In Abhängigkeit von den verwendeten Materialtypen können die Strukturen heiß ringgewalzt werden anstatt dass sie kalt gewalzt werden. Einkristall-Legierungen

könnten in heiße Wände eingefügt werden, wenn die Strukturen durch HIP Konsolidierung netzförmig gemacht sind. Typische HIP Bedingungen zum Erzeugen derartiger Ni-Basis-Einkristall-Strukturen liegen bei 1150 bis 1250 Grad C für 4–6 Stunden in 15–30 ksi Argon.

[0037] Ein Teilschnitt von einer ringförmigen axial gekühlten Brennerwand mit Filmkühlung durch Löcher-in-Nuten ist in **Fig. 6** gezeigt. Ähnliche Löcher-in-Nuten-Konfigurationen könnten auch in zylindrischen Becherbrennern verwendet werden. Die Montage von derartigen gekühlten Strukturen durch die oben beschriebenen Verfahren erfordert lediglich den Zusatz einer Opferkomponente, wo die Kühlnut in der endgültigen Struktur angeordnet sein soll. Die Kühllöcher können nach der Ätzbeseitigung der Opferkomponenten gebohrt werden. Wie gezeigt ist, tritt Kühlluft in den Kühlkanal durch die heiße Wand bei **100** ein, wandert durch den Kanal **102**, um die innere Heiß-Gas-Seitenwand **104** zu kühlen und tritt dann durch eine Anzahl von Löchern **106** in eine Nut **108** in der Innenwand **104** aus. Wenn sie austritt, bildet sie einen Film von Kühlluft, um die Innenwand **104** gegenüber den Verbrennungsgasen weiter zu schützen. Die Größe und Form der Nut **108** kann gesteuert werden, um die Anhaftung des Kühlfilms an der Oberfläche möglichst groß zu machen. Dies ist im Gegensatz zu Kühllöchern, die unmittelbar durch die Außenfläche austreten, was die Tendenz hat, dass die Kühlluft teilweise die Strömung der Verbrennungsgase durchdringt und jede weitere Filmkühlung von diesem Teil der Kühlluft verliert. Die Einzelheiten der Brauchbarkeit von diesen Löcher-in-Nuten-Konfigurationen ist Gegenstand von anderen Patentanmeldungen.

[0038] Zwar bilden die hier enthaltenen Verfahren bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung, es ist aber verständlich, dass die Erfindung nicht auf diese genauen Verfahren beschränkt ist und dass Änderungen vorgenommen werden können, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen, die in den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von doppelwandigen Turbinenstrukturen, die eine heiße Wand und eine kalte Wand haben und sowohl einen zylindrischen (**50**) als auch einen konischen Abschnitt haben, aus vorkonsolidierten Einrichtungen, wobei das Verfahren die Schritte enthält:

Formen einer Vorformeinrichtung enthaltend Materialien für die heiße Wand, die kalte Wand und Rippen und Opfersegmente zur Aufrechterhaltung von Kühlkanälen während der Formung von der Vorrichtung und einer späteren Bearbeitung, Heißwalzen der Vorformen, um die Abschnittsabmessungen zu verkleinern, Ringwalzen des rechtwinkligen Zylinderabschnittes (**50**) der Struktur,

Wegschneiden des überschüssigen Materials (54) von dem konischen Abschnitt (52) der gewalzten Struktur,  
 Ringwalzen des verbleibenden Abschnitts, um einen Kegel zu formen,  
 Verbinden der zylindrischen Abschnitte (50) axial miteinander und der zylindrischen (50) und konischen (52) Abschnitte in Umfangsrichtung miteinander und Entfernen des Opfermaterials, um die Kühlkanäle zu öffnen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Material für die Deckfläche, die Bodenfläche und/oder die Verbindungsrippe von der Vorform aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus:  
 Superlegierungspulvern, wie beispielsweise die Pulver von Zusammensetzungen äquivalent zu Rene 80, Rene N4, Rene N5, Rene 142, Haynes 214, Haynes 230 oder MCrAlY Materialien wie NiCoCrAlY.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei in Abhängigkeit von den Temperaturen der einzelnen Anwendungen die verwendeten Materialien aus der Gruppe ausgewählt werden, die besteht aus:  
 rostfreien Stählen, Legierungen und Zusammensetzungen mit einer Ni-Basis, Co-Basis, Fe-Basis, Ti-Basis, Cr-Basis oder Nb-Basis, wobei ein Beispiel von einer Zusammensetzung eine FeCrAlY metallische Matrix verstärkt mit einer W Phase ist, vorhanden als Feststoff, Faser oder Laminat.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Materialien, die in der heißen Wand, der kalten Wand und der Rippe verwendet werden, nicht die gleiche Legierung sein müssen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Materialien, die in einer kalten Wand verwendet werden, aus einem rostfreien Stahl oder einer Ni-Basis-Superlegierung hergestellt werden, und die Materialien, die in einer heißen Wand verwendet werden, aus einer niedrigeren Expansion aufweisenden Ni-Basis-Superlegierung hergestellt werden, so daß im Betrieb thermische Beanspruchungen verkleinert werden im Vergleich zu einer monolithischen Heißwand/Kaltwand-Struktur.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

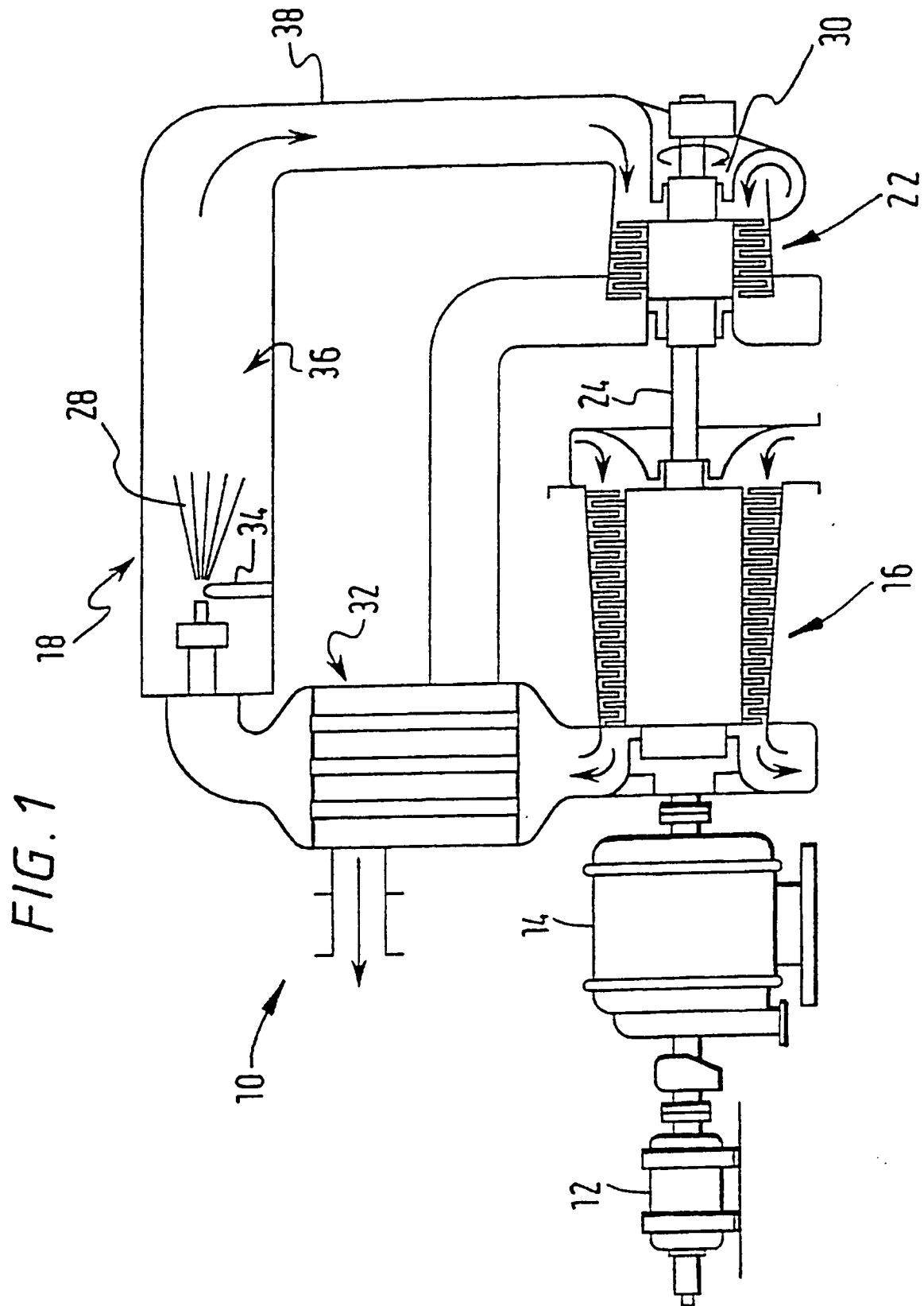
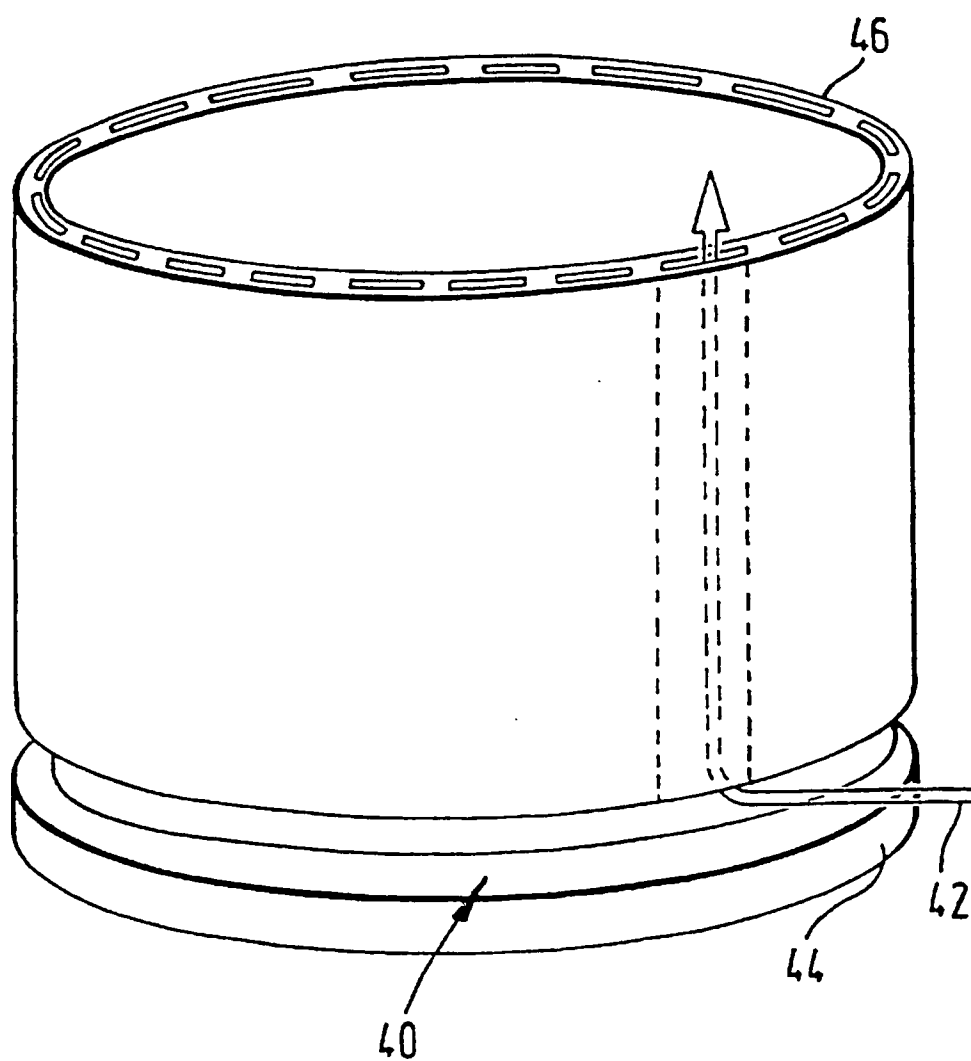
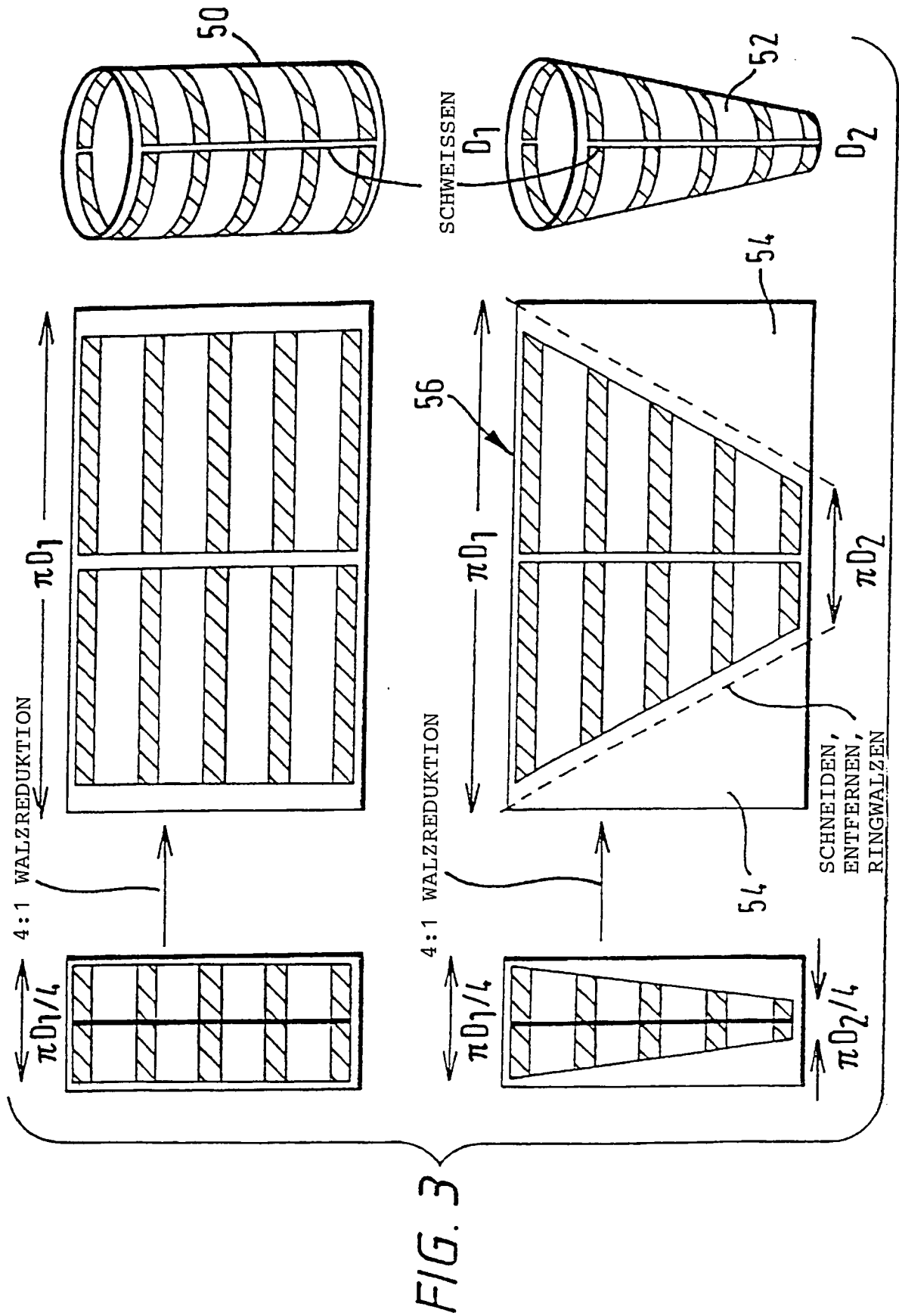


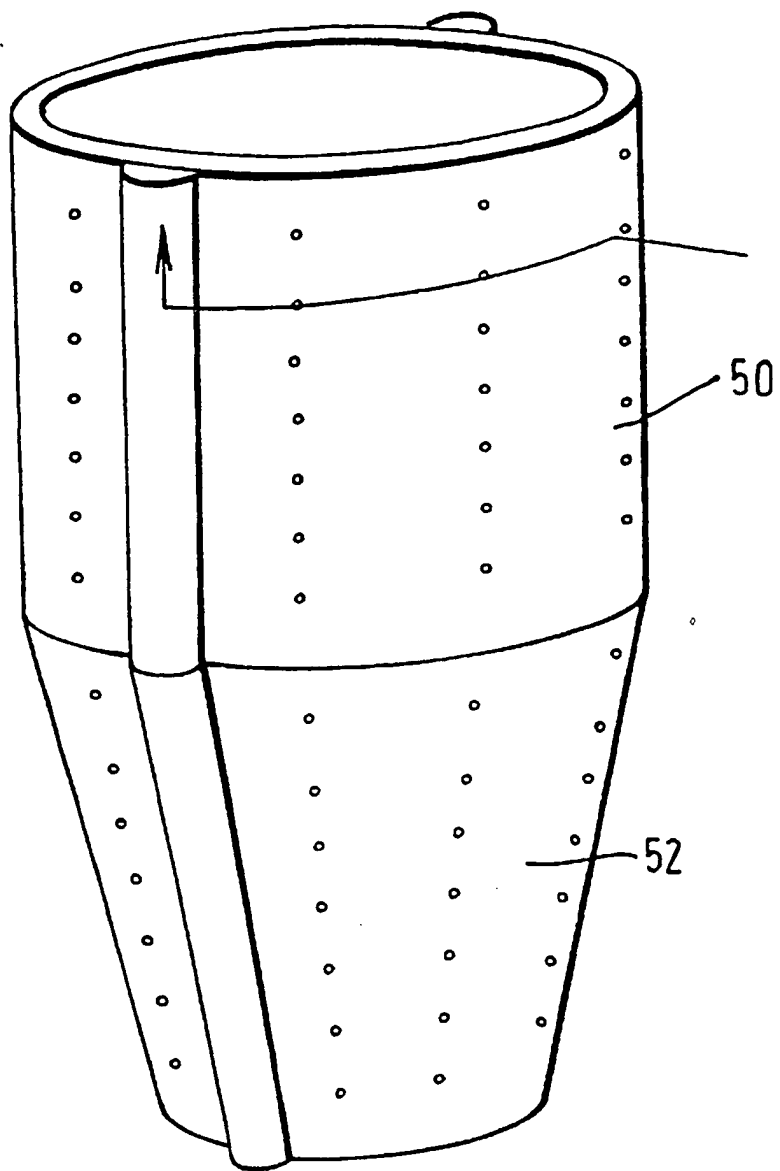


FIG. 2





*FIG. 4*



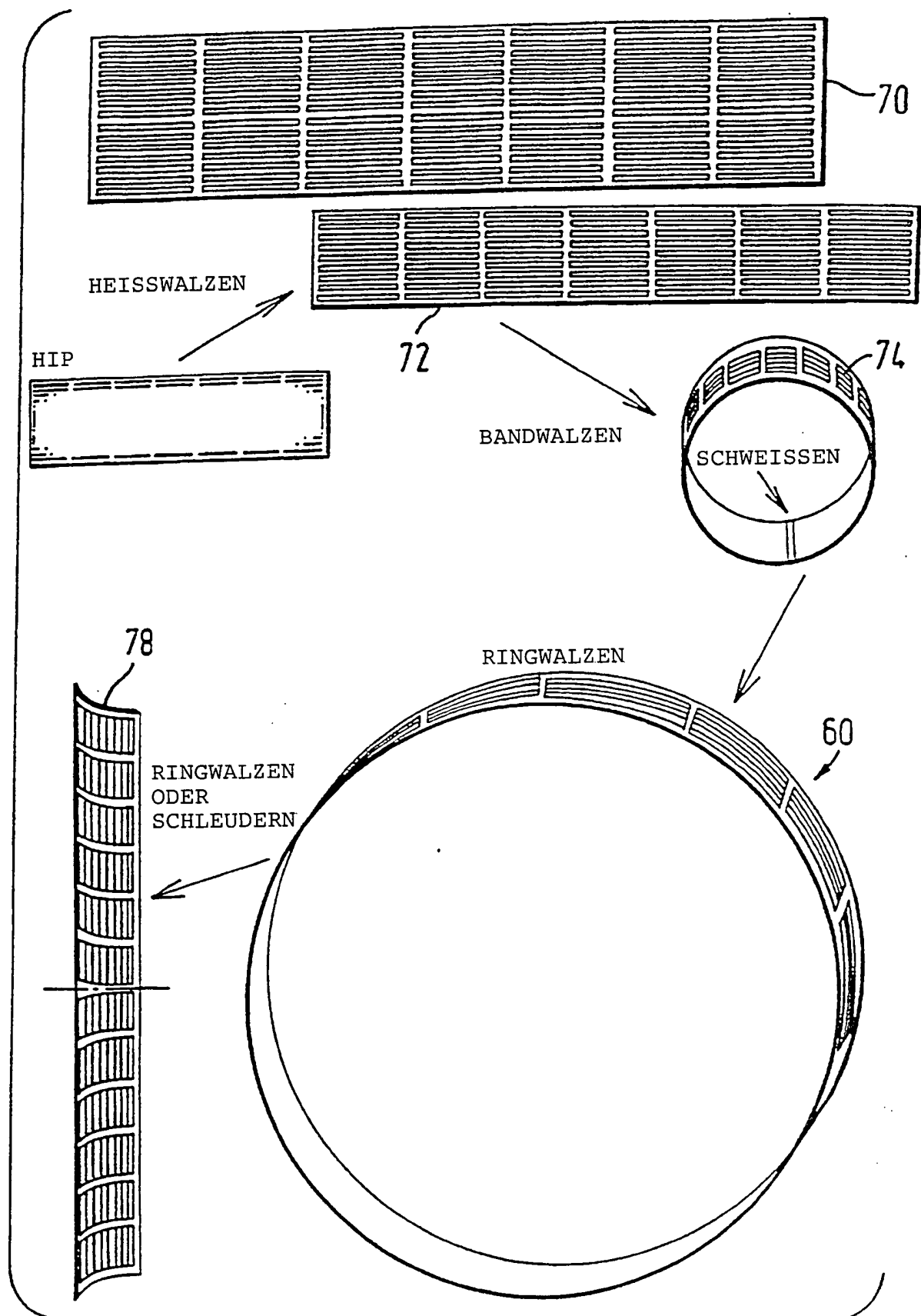


FIG. 5

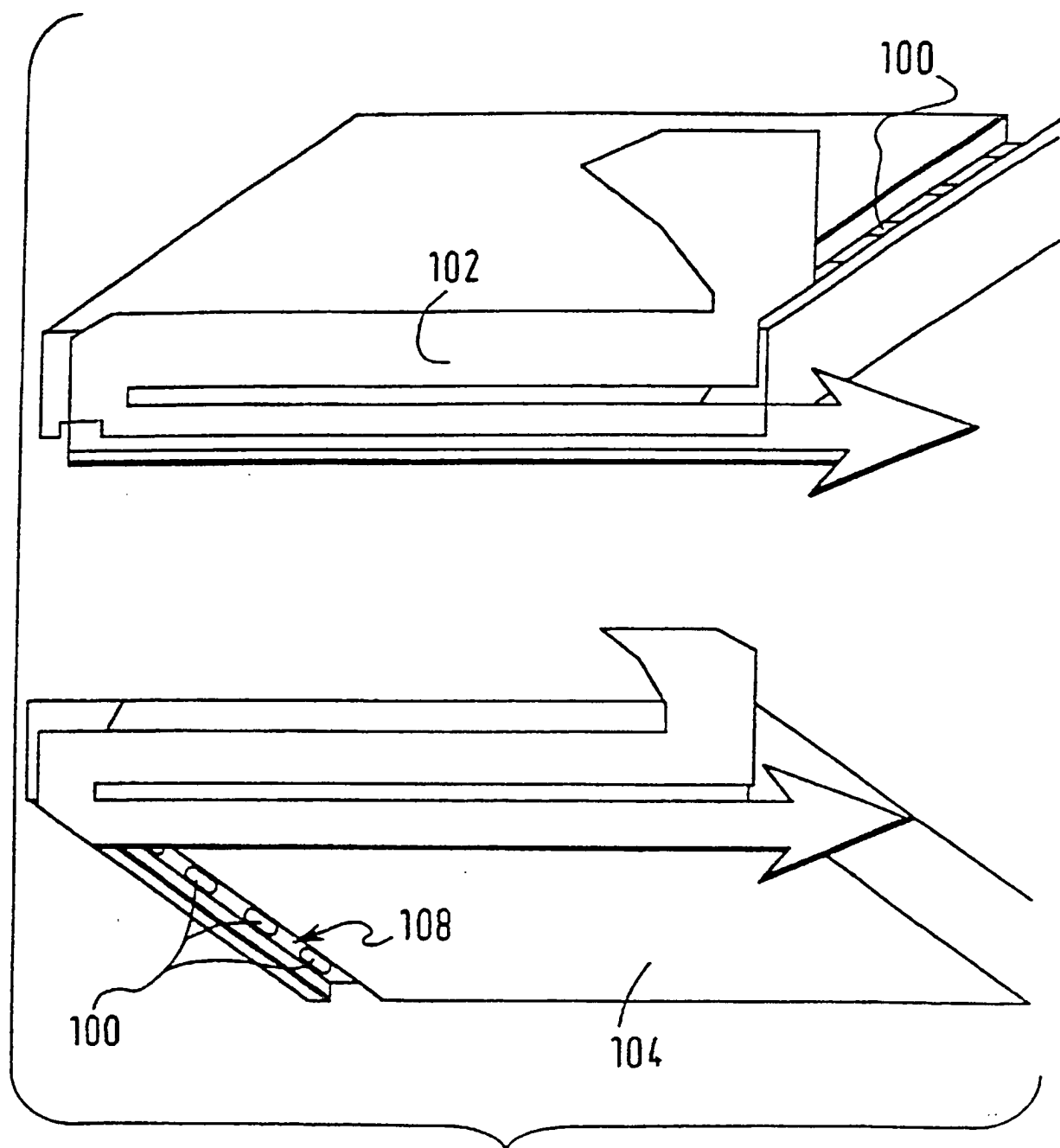


FIG. 6